

Proposition de programme de recherche sur les systèmes canne-fibre à La Réunion



S. spontaneum (CERF)



Erianthus sp. (CERF)

RESUME

La Région Réunion a demandé au **CIRAD** de réorienter son programme de recherche canne à sucre vers des systèmes canniers dédiés à la production de fibre. L'objet de ce rapport est de faire des propositions de programme de recherche répondant à cette demande.

Le programme proposé s'articule autour d'une collaboration étroite avec **eRcane** (nouvelle appellation du CERF) et **l'Université de La Réunion**.

Dans le cadre du présent programme, la structure eRcane nous fournit des prestations de services facturées. Ceci permet au CIRAD d'avoir accès aux moyens dont il est dépourvu, mais qui sont nécessaires à l'expérimentation (sites équipés, matériel agricole, main d'œuvre). La création variétale de matériel fibreux n'est pas abordée car ne relève pas des compétences du CIRAD à La Réunion.

Nous proposons de collaborer avec l'Université pour les approches économiques et environnementales (professeur Michel Dimou), dans le cadre d'une thèse co-encadrée.

Les propositions de recherche s'articulent autour d'une action portant sur le développement d'outils d'aide à la décision et de deux axes consacrés à l'acquisition de nouvelles connaissances :

- Évaluation de la faisabilité technique d'une filière canne fibre énergie. Un outil SIG portant sur les périodes possibles de production peut être développé
- Compréhension des mécanismes d'élaboration de la fibre lignocellulosique et de l'influence de l'environnement sur ces mécanismes. Relations avec le comportement agronomique et l'usage de la matière première ; Deux sujets de thèse sont identifiés.
- Qualification des paramètres agronomiques et environnementaux pour modéliser l'organisation et l'économie d'une filière basée sur l'usage multiple de la biomasse. Un sujet de thèse est envisagé ainsi que le développement d'un modèle d'ACV adapté à la canne à sucre et aux conditions de culture réunionnaises.

Les résultats attendus dans les cinq années de recherche sont d'une part une première évaluation de faisabilité technique, environnementale et économique de production de fibre et d'autre part une première ébauche de proposition d'itinéraire technique « renouvelable », incluant l'organisation de la production et une élaboration des modalités de paiement prenant en compte l'impact environnemental et des critères de qualité.

Le budget proposé est limité à l'intervention du CIRAD. L'appui logistique d'eRcane, individualisé dans le budget est géré par le CIRAD. **Il ne prend pas en compte la mise en œuvre d'un programme de création variétale de canne fibre par eRcane, qui relève de négociations entre eRcane et la Région.**

TABLE DES MATIERES

1. L'ACCES AU MATERIEL VEGETAL.....	4
1.1 A COURT TERME.	4
1.2. A MOYEN ET LONG TERME	4
2. PROPOSITIONS DE POSITIONNEMENT DU CIRAD.....	4
2.1. LES PROGRAMMES EN COURS	4
2.2. PROPOSITIONS OPERATIONNELLES.....	5
2.3. INTERET POUR LE CIRAD	5
231. Approche agro-physiologique.....	5
232. Approche agro-économique	6
3. PROGRAMME OPERATIONNEL	7
31. APPROCHE AGRONOMIQUE	7
311. Zonage de la production (année 1).....	7
312 Première approche des potentialités (année 1 à 4).....	7
313 Connaissance de la fibre (année 3 à 5)	9
32. APPROCHE ECONOMIQUE (ANNEE 1 A 3).....	9
321. Système d'information technico-économique et environnemental	9
322. Évaluation de la durabilité de la filière et propositions de scénarios.....	10
4. CALENDRIER ET BUDGET	10
41. BUDGET.....	11
411. Ressources humaines.....	11
412. Fonctionnement.....	11
a) Fonctionnement CIRAD	11
b) Prestations de service eRcane au CIRAD.....	11
413. Investissements.....	12
414. Résumé.....	12

1. L'accès au matériel végétal

Toute démarche expérimentale agronomique « canne fibre » implique de disposer de variétés fibreuses. Cette évidence est très contraignante du fait des problèmes de quarantaine, de vitesse de multiplication et d'absence de sélection dédiée à la fibre.

1.1 A court terme.

Deux sources de matériel végétal sont disponibles pour des tests rapides à La Réunion¹ :

- Il existe aujourd'hui une dizaine de variétés fibreuses en phase finale de quarantaine au CIRAD, à Montpellier. Ce matériel peut être importé à La Réunion sous réserve d'une autorisation pour les six variétés fibreuses de Barbade (MTA²). La même démarche doit être faite pour les quelques Spontaneum issus de régions asiatiques destinées à l'origine au MSIRI³. Il existe un accord entre le CIRAD et eRcane pour la réception de ce matériel⁴. eRcane dispose des infrastructures pour garantir une première multiplication (serres).
- eRcane dispose de variétés fibreuses en collection. Ce matériel végétal n'a été cependant que partiellement évaluées car il n'entrent pas dans les problématiques « sucre ». Nous pourrions disposer aujourd'hui de quelques hybrides et variétés sauvages évaluées récemment, dont les teneurs en fibre se situent entre 25 et 30%.

1.2. A moyen et long terme

La volonté politique de développer la production de biomasse fibreuse comme part importante du mixte énergétique des horizons 2020-2030⁵ (projets Gerry et Sarter de la Région) implique de lancer au niveau d'eRcane une sélection ciblée pour la production de cannes riches en fibre. Les modalités d'une telle orientation sont du ressort d'eRcane.

2. Propositions de positionnement du CIRAD

2.1. Les programmes en cours

Le CIRAD Réunion a déjà initié des recherches sur la fibre de canne à sucre. Un thésard (Damien Sabatier) encadré par Jean-François Martiné étudie actuellement, en collaboration avec eRcane, la partition de la fibre lignocellulosique au cours du cycle de culture pour 3 variétés sucrières. Par ailleurs, le programme Delicas qui associe eRcane et le CIRAD (UR 102, UMR PVBMT) a entrepris des recherches sur les liens phénotype-genotype dont une partie concerne la fibre lignocellulosique de la canne à sucre. Le dispositif de 200 variétés qui seront testées en 2010 ne comporte apparemment pas de cannes fibreuses.

¹ Il faut au minimum 2 ans de quarantaine pour disposer d'une bouture saine. Il faut au minimum 2 ans de plus sur le terrain pour disposer d'une quantité de boutures nécessaires à une expérimentation statistique (multiplication par 10 tous les 7 à 8 mois).

² Material Transfer Agreement (Accord de Transfert de Matériel)

³ Ce matériel non brevetable nécessite quand même l'accord du destinataire qui n'a pas encore répondu à nos sollicitations.

⁴ Le contrat de quarantaine pour La Réunion a été signé avec eRcane et non pas le CIRAD.

⁵ Turbogénération mais aussi gazéification pour produire du méthane stockable.

Le travail de thèse de C. Poser sur les problèmes thermiques qui conditionnent la culture en altitude s'inscrit parfaitement dans une problématique canne fibre. Les zones de jachères visées par la filière canne fibre en devenir, concernent aujourd'hui les Hauts. La problématique de la thèse intéresse donc directement la future filière dont l'une des première contrainte agronomique de production sera thermique.

2.2. Propositions opérationnelles

Après discussions avec mes collègues impliqués dans la canne à sucre, avec eRcane et avec le PRERURE, je propose deux axes de recherche pour répondre en réponse à cette demande :

- Mise en œuvre d'études à court terme pour évaluer la faisabilité technico-économique de la culture de la canne fibre.
- Développement par eRcane d'un programme de création de matériel végétal dédié à la fibre que le CIRAD propose de caractériser et de modéliser. La création variétale n'est pas, à La Réunion, de la compétence du CIRAD. Elle repose donc sur des négociations directes entre eRcane à la Région.

Les détails du programme sont reportés en fin de note. Les propositions entrent dans des problématiques scientifiques porteuses qui devraient permettre de répondre positivement à la demande de la Région.

2.3. Intérêt pour le CIRAD

231. Approche agro-physiologique

Le programme proposé présente un triple intérêt pour le CIRAD avec deux ou trois possibilités de thèses à la clef (dont une qui pourrait être intégrée et financée par le projet Cann'Elec en Guadeloupe):

a) Étudier et comparer l'évolution des composantes de la lignocellulose au cours du cycle pour des cannes fibreuses. Comparer les résultats à la canne à sucre voir à une Poacée fibreuse du type *Pennisetum purpureum*. Le travail actuel de thèse sur le sujet est limité à 3 variétés sucrières. Travailler avec du matériel fibreux permettra de mieux comprendre les mécanismes de partage entre les polymères de structure et le sucre.

b) Qualifier la biomasse au travers des principaux acides phénoliques (essentiellement acides férulique et son ester, et acide *p*-coumarique)⁶. Ces composés hydroxycinnamiques interviennent positivement (dans le cas spécifique des Poacées) sur les qualités agronomiques de la culture (résistance aux agressions biotiques, croissance, verse, allélopathie dans les lixiviats, antioxydant...) et conditionnent largement l'usage de la lignocellulose de manière :

- Négative pour tous les usages de la cellulose et des hémicelluloses qui nécessitent une délignification (élevage, pulpage, chimie verte, bioraffinage, produit de seconde génération) ;
- Positive pour les usages ne nécessitant aucun « raffinage » (énergie, panneaux de particule).

⁶ Pour mémoire, ces acides créent des liaisons covalentes (éther et ester) entre groupes de lignines, entre hémicelluloses et entre lignine et hémicellulose, en renforçant considérablement le « squelette » des Poacées (spécifique à celles-ci) et en constituant des barrières aux intrusions (bactéries, insectes...). La grande stabilité physique et chimique de l'édifice s'oppose à tout usage de la biomasse lignocellulosique qui nécessitent une délignification.

Le calage des NIRS pour les trois composés phénoliques est tout à fait réalisable⁷ avec une centaine d'échantillons :

- Extraction par le laboratoire d'analyse des sols (recherche de méthode en cours). Patrick Légier (CIRAD, Labo Sol) est très favorable au développement de la méthode.
- Dosage avec le HPLC de la maison de la technologie (agroalimentaire CIRAD). Jacques Joas (CIRAD) qui préconise la même démarche pour les fruits est intéressé par notre approche. Quelques coûts seront à prévoir (colonne spécifique, acquisition de standards, effluent).
- Première évaluation exploratoire des teneurs par organes (tige, gaine, limbe, fouet) et en fonction du cycle (entrenoeuds de la base au sommet), sur la base d'un échantillonnage habituel des essais de Jean-François Martiné.
- Évaluation possible à posteriori sur tout échantillon dont le spectre a été conservé.

Une collaboration avec l'équipe maïs de l'INRA Lusignan et avec les spécialistes Agro Paris Tech des lignines ainsi qu'avec le pôle de compétitivité IAR serait souhaitable pour mieux cibler les axes de recherche intéressant les Poacées tropicales et consolider les projets de thèse.

c) Nous disposons de la possibilité en collaboration avec eRcane de qualifier la biomasse lignocellulosique d'une collection réduite et ciblée de cultivars (témoin sucre, fibre, mixte, autre Poacée) sur 7 sites très contrastés au point de vue pédoclimatique (les stations du CERF). Ces études peuvent conduire à de nombreuses améliorations de nos connaissances sur les interactions génotype environnement dans le domaine de la synthèse des composantes des parois cellulaires. De telles connaissances sont fondamentales pour améliorer la démarche de modélisation tandis qu'elles ouvrent de nouvelles perspectives d'usage de la biomasse lignocellulosique des Poacées.

232. Approche agro-économique

Avant d'envisager la mise en place opérationnelle d'une nouvelle filière canne-fibre, il est nécessaire d'évaluer sa rentabilité et plus largement sa durabilité : l'investissement est-il rentable pour l'industriel ? Quels sont les coûts de production de la canne fibre ? Quel est le bilan énergétique de cette nouvelle filière ? Y a-t-il des moyens d'optimiser ce bilan énergétique ?...

Le CIRAD, dans le cadre de l'ouverture de postes d'accueil pour des universitaires devrait recevoir le professeur Michel Dimou. Nous envisageons de lui proposer d'encadrer une thèse en économie avec l'appui du CIRAD (C. Lejars).

La problématique porterait sur une approche globale d'évaluation de la durabilité d'une nouvelle filière canne fibre, prenant en compte les contraintes économiques des acteurs (producteur, industriels, pouvoirs publics et les coûts environnementaux les externalités liées à la filière...).

Deux actions sont envisagées :

- Création d'un système d'information pour évaluer la rentabilité et la durabilité de cette filière énergie ;
- Évaluation de la durabilité de la filière et conception de scénarios durables (définition des modalités de paiement, possibilité de réduire les coûts de production énergétiques...)

La problématique multiusage possible de la production peut être éventuellement intégré dans cette approche.

⁷ Les teneurs en acide phénoliques qui nous intéressent sont supérieures au %. Les limites de détermination du NIRS sont de l'ordre du ppm. La caractérisation ne pose donc aucun problème technique.

Les résultats attendus répondent à la demande de la région sous forme de faisabilité économique, proposition d'organisation de la filière, de structuration du prix au producteur.

3. Programme opérationnel

31. Approche Agronomique

311. Zonage de la production (année 1)

La question préalable au développement d'une nouvelle filière canne fibre est de connaître les périodes de production au cours de l'année. Ces informations permettent de localiser les régions où la production sera économiquement réaliste. Elle permet aussi de rechercher une ressource alternative à la fibre cannière (bois, déchets verts...) pour assurer un fonctionnement continu de l'outil industriel hors période de récolte de la fibre ; et de dimensionner cette ressource.

La seconde question consiste à identifier les zones non cultivées et mécanisables où la canne fibre peut être cultivée sans préjudice à la filière sucrière.

Tâche 1 : définir à dire d'expert (enquête), en fonction des connaissances (bibliographie) et en fonction des données climatiques (bases de données) les périodes pendant lesquelles la récolte et le séchage au sol de la récolte sont possibles.

Résultats attendus : SIG des zones canne fibre, surfaces complémentaires en production stockable (bois) ou en ressources complémentaires (déchets verts...) nécessaires pour assurer un fonctionnement continu de l'outil industriel sans apport d'énergie fossile⁸.

- 1 mois chercheur (P-F. Chabalier)
- 6 mois de stage (environ 6000€ y compris le transport). Stagiaire réunionnais identifié pour fin 2010.
- Le PRERURE propose une convention

Tâche 2 : Déterminer les zones en friche où une production de canne fibre peut être développée sans porter préjudice à la filière canne à sucre. Pierre Todoroff (CIRAD) a déjà fait une proposition au Conseil Général pour automatiser la cartographie des friches. Il propose un repérage des friches à partir de séries chronologiques de photos satellites et une validation de la méthode par imagerie haute définition (ULM) ou enquêtes de terrain.

Le PRERURE envisage de limiter son action à une approche par photos aérienne récente (2007) et une validation de terrain. Il dispose de la logistique pour cette étude mais demande la caution du CIRAD (validation des protocoles de l'étude et peut être quelques contrôles de la qualité du travail réalisé) pour garantir la qualité de son travail et l'absence de préjudice pour la filière canne à sucre.

- Intervention de P. Todoroff pour évaluer et valider le travail du PRERURE (pm).

312 Première approche des potentialités (année 1 à 4)

Cette action est destinée à évaluer les rendements potentiels de production de biomasse à partir des quelques variétés fibreuses rapidement accessibles, en attendant les variétés fibres élités issues de la sélection variétale⁹. Elle doit aussi permettre d'appréhender les principales spécificités agronomiques du matériel fibreux susceptibles de moduler l'itinéraire technique (vitesse de couverture, tenue à la repousse...).

⁸ La législation autorise un maximum de 15% d'énergie fossile pour une production issue de ressource renouvelable.

⁹ Le délai moyen de sortie d'une nouvelle variété à partir de seedlings et de l'ordre de 10 ans.

En préalable à cette action de recherche, nous proposons en année 1, (1) d'améliorer le procédé actuel de caractérisation de la biomasse et (2) de caler le NIRS pour les acides phénoliques évoqués précédemment.

L'amélioration du dosage de la biomasse répond à un double souci de démarche qualité et de réduction des coûts. Les procédés actuels de dosage de la canne à sucre se font en deux phases discontinues : l'une porte sur le résidu de pressage de la canne à sucre broyée (gâteau) et l'autre le jus de pressage :

- Le broyage et l'extraction du jus, puis son analyse, sont réalisés par eRcane (brix, pol, teneur en sucre). Les analyses sont onéreuses (45€ l'unité) et se font dans des créneaux à négocier (planning préalable, disponibilité très réduite en dehors de la saison sucrière).
- La pulpe est récupérée par le CIRAD, séchée, broyée finement et analysée au NIRS (cellulose, hémicellulose, lignines).

Après discussions avec J-F. Martiné et L. Thuries, il apparaît possible sans perte de précision de tout doser en un seul passage sur un échantillon humide non pressé (pulpe). Le calage se ferait à partir des échantillons actuellement analysés par eRcane, le CIRAD prélevant un sous échantillon de broyat avant pressage pour l'analyse NIRS.

Ce procédé devrait permettre de tout mesurer à tout moment en un seul passage en sortie de notre broyeur. L'inconvénient est que la conservation des échantillons (si elle s'avère nécessaire, car le spectre est conservé) pose un problème à étudier (congélation, conservation sous vide... ?).

Cette méthode est prometteuse car outre sont très faible coût, elle contourne le problème difficile du dosage sans pressage sur des pulpes séchées et broyées¹⁰.

- Chercheur 15 jours
- Stagiaire 3 mois 1000€ (IUT du Tampon)

Concernant le dosage des acides phénoliques, nous ne disposons pas actuellement des informations nécessaires pour quantifier l'action de manière précise. Les coûts très approximatifs sont :

- Chercheur 15 jours
- Stagiaire 3 mois 1000 € (IUT du Tampon)
- Investissement et fluides 3000 €

Tâche 1 (année 1 et 2) : Introduire du matériel fibreux de la quarantaine de Montpellier et le multiplier avec des variétés fibreuses provenant des collections du CERF pour disposer dans 2 ans (a) des 5 à 10 meilleures variétés et (2) d'une quantité suffisante de boutures pour conduire des essais multilocaux.

- Chercheur année 1 : 1 mois et année 2 : 1,5 mois ;
- Implantation et maintenance de la collection fibre à La Mare **par eRcane** : 3000 m². 6000€/an ;
- Introduction de cultivars en quarantaine et première multiplication : coût forfaitaire de l'ordre de 800€/cultivar à régler à la quarantaine, 10 cultivars. 8000€ ;
- Premier test en fin d'année 2 : 180 analyses NIRS (3000€) ;
- Investissement CIRAD : Etuves 10 000€ et passeur NIRS + godets (8000€).

Le calendrier de cette action a été estimé au plus juste. Tout retard dans l'introduction du matériel végétal et tout problème technique de multiplication risque de repousser la fin des opérations à l'année 3.

¹⁰ Le broyage de pulpe pouvant contenir 50% de sucre est difficile et long (hygroscopicité, caramélisation lors du broyage...).

Tâche 2 (année 3 et 4) : Evaluation multilocale des potentialités des 8 meilleurs cultivars en présence de 2 témoins canne à sucre. Implantation sur 4 sites (hauts de l'Est et 3 positions à l'Ouest : littoral, 400 m et 800 m). Essais de 4000 m² avec 10 variétés et 4 répétitions.

- Temps chercheur année 3 : 2 mois, année 4 : 2 mois
- Stagiaires : 5500€/an
- Investissement (véhicule 4x4) : 32 000€ pm
- Implantation et maintenance des essais **par eRcane** : 35000€/an
- Analyses biomasse : 15 000€/an

313 Connaissance de la fibre (année 3 à 5)

La connaissance des mécanismes de constitution de la fibre lignocellulosique est essentielle à une approche rationnelle du calage des cycles de production dans des environnements pédoclimatiques variés (modélisation), de l'amélioration des potentialités et de l'appui à la sélection. Cette connaissance permet également de moduler l'itinéraire technique en fonction des usages envisagés des fibres produites.

Objectifs : caractériser l'évolution de la biomasse lignocellulosique de cannes fibreuses en fonction du cycle de culture et des conditions pédoclimatiques.

Ce programme repose sur le dispositif de sélection d'eRcane. Le centre dispose de 6 sites localisés dans des zones pédo-climatiques contrastés. Quatre de ces sites disposent de surfaces suffisantes pour accueillir une expérimentation CIRAD :

- **Etang Salé / La Gol : milieu comparable. Possible**
- Saint Benoit : location de terrain nécessaire
- **Vue Belle : Location de terrain nécessaire (site à conserver)**
- **Menciol (Haut de Saint André) OK**
- **Saint Philippe OK**

Il s'agit de caractériser 4 variétés fibreuses et une canne à sucre témoin sur les 4 sites indiqués (en gras) avec 3 périodes de prélèvement et 2 échantillons (tige et non tige) avec 4 répétitions.

Le budget annuel s'établit comme suit :

- Chercheur 4 mois par an pour l'expérimentation et 1 mois par an pour la modélisation
- Implantation et maintenance des essais **eRcane** (base 1500m² par essai) : 15 000€/an
- Analyses fibre (480 analyses) : 8000€/an
- Doctorants (financement Région possible) sur :
 - la constitution de la fibre des variétés fibreuses : 80 000€
 - les relations génotype environnement : 80 000€

32. Approche Economique (année 1 à 3)

321. Système d'information technico-économique et environnemental

On prévoit de réaliser un système d'information, constitué d'une base de données et d'un outil de simulation, qui permettra de connaître les coûts de production et de réaliser des bilans carbone à l'échelle des exploitations et pour l'ensemble de la filière. Ces évaluations seront effectuées pour différents itinéraires techniques et compte tenu des « types » d'exploitation Concrètement, il s'agit de

finaliser le concept AGROPOL du CIREC (Bruneau Dorin) pour l'adapter à la canne fibre¹¹ et compléter l'approche bilan de CO₂. Pour la partie technico-économique, il s'appuiera sur une étude déjà réalisée par le CIRAD en 2006 (Masson, 2006).

Ce travail est réalisable en année 1. Il nécessite l'intervention d'un informaticien (S. Auzoux, basée à Montpellier) avec un VAT en place à La Réunion, encadré par C. Lejars (2 missions annuelles).

Le coût de cette partie est estimé comme suit :

- Logiciel à développer (à partir de la base AGROPOL) : 3000€ (Année 1)
- VAT : 20 000€ (année 1)
- Missions Lejars 2 fois 1 semaine/an : 8000€/an

322. Évaluation de la durabilité de la filière et propositions de scénarios

Parallèlement, en se basant notamment sur les systèmes d'information précédent, un thésard de l'Université de La Réunion co-encadré par M. Dimou et C. Lejars développera une approche plus globale d'évaluation de la durabilité d'une nouvelle filière (ou d'une filière multi-usage) et proposera différents scénarios tenant compte des contraintes énergétiques de production, des contraintes purement économiques et environnementales.

Ce travail sera réalisé sur 3 ans (Années 1 à 3).

Plusieurs axes d'étude pourront notamment être approfondis dans le cadre de cette étude :

- Estimation du gisement potentiel de canne puis organisation de la récolte, du transport et du stockage sur cette zone.
- Définition de fourchettes de coûts de production (coûts carbone, énergies, financiers) à l'échelle des zones potentielles de production et en fonction de différents itinéraires de production ;
- Définition et évaluation des échelles de production adéquates ;
- Conception et évaluation des modes de paiement : Une fois les bilans des coûts de production et des coûts carbone réalisés, il est possible de définir le prix de revient de la canne fibre, pour les planteurs et pour les industriels. Le prix d'achats de la canne énergie dépendra bien sûr du prix de vente de l'énergie. Il dépendra également des coûts de production. On se propose de compléter ces coûts de production avec des coûts carbone.

Le coût de ces travaux comprend :

- Doctorants (financement Région possible) : 80 000 € pour une thèse
- Coût de fonctionnement : 10 000€/an
- Encadrement : 2 Missions par an : 8000€/an

4. Calendrier et budget

Le budget est scindé en une partie CIRAD et une partie eRcane. Cette dichotomie est liée au fait que le CIRAD ne dispose pas des ressources en main d'œuvre et en matériel pour mettre en place, entretenir et récolter les essais. Le CIRAD est par contre compétent pour les suivis scientifique (encadrement de thèses et de stages, notations et mesures au champ, analyses en laboratoire, bibliographie...). La partie eRcane représente des prestations de services faites sous le contrôle du CIRAD et facturées après exécution. Nous l'avons identifié dans le budget pour plus de clareté, mais elle fait partie intégrante du budget nécessaire à la mise en œuvre des recherches proposées.

¹¹ AGROPOL ne dispose pas aujourd'hui de bases de données sur les opérations spécifiques à la canne que son la coupe, le chargement et le transport.

41. Budget

411. Ressources humaines

Le calendrier du programme est consigné dans le tableau suivant. Ce calendrier repose en partie sur la phase de multiplication du matériel végétal.

Mois chercheur CIRAD par actions	An 1	An 2	An 3	An 4	An 5
Zonage de la production	1				
Calage NIRS pulpe	0,5				
Calage NIRS Phénols	0,5				
Introduction multiplication	1	2			
Test multilocal			2	2	
Connaissance de la fibre			4	4	4
SI économie/environnement	1				
Durabilité filière	1	2	1		
Total en mois chercheur	5	4	7	6	4
Doctorants (pm)		36	36	36	

Ces ressources humaines sont complétées par 3 doctorants que nous avons comptabilisés dans le budget fonctionnement. Les doctorants pourront être répartis dans la réalité sur 4 ans, entre les années 2 et 5.

412. Fonctionnement

Les délais ont été estimés au plus juste. Le moindre problème de retard dans les introductions et les multiplications entraînera un report d'un an des tests multilocaux ainsi que des actions sur la connaissance de la fibre.

a) Fonctionnement CIRAD

Fonctionnement CIRAD	An 1	An 2	An 3	An 4	An 5
Zonage de la production	6000				
Calage NIRS pulpe	1000				
Calage NIRS Phénols	1000				
Introduction multiplication	8000	3000			
Test multilocal			20500	20500	
Connaissance de la fibre			8000	8000	8000
SI économie/environnement	23000				
Durabilité filière	18000	18000	18000		
Déplacements	3000	6000	10000	10000	3000
Total annuel fonctionnement	60000	27000	56500	38500	11000
Doctorants (bourses Région ?)		80000	80000	80000	
TOTAL avec bourses de thèse	60000	107000	136500	118500	11000

b) Prestations de service eRcane au CIRAD

eRcane dispose des moyens pour recruter et encadrer la main d'œuvre indispensable à la mise en place des essais, à l'entretien de la culture (désherbages, fertilisation) et à la récolte des parcelles expérimentales (coupe, transport pour pesée, pesée, chargement et livraison de la production non échantillonnée). Les coûts ont été estimés une base forfaitaire de 20000€/ha d'essai. Ce coût prend en compte la complexité expérimentale (multitude de petites parcelles qui doivent être gérées séparément car elle correspondent à des variétés et traitement différents avec une ordonnance aléatoire).

Prestations eRcane par action	An 1	An 2	An 3	An 4	An 5
Introduction multiplication	6000	6000			
Test multilocal			35000	35000	
Connaissance de la fibre			15000	15000	15000
Total annuel prestations eRcane	6000	6000	50000	50000	15000

413. Investissements

Les investissements à mettre en place en année 1 correspondent (1) à des étuves pour sécher les échantillons de canne et (2) à des équipements complémentaires pour les dosages dans le proche infrarouge (NIRS). Le coût total est estimé à 18 000€.

414. Résumé

Le bilan budgétaire du programme proposé est résumé dans le tableau suivant :

Budget prévisionnel CIRAD	An 1	An 2	An 3	An 4	An 5
Fonctionnement sans les doctorants	60000	27000	56500	38500	11000
Doctorants		80000	80000	80000	
Prestations de service eRcane	6000	6000	50000	50000	15000
Investissement	18000				
Total annuel CIRAD	84000	113000	186500	168500	26000
Mois chercheur (pour mémoire)	5	4	7	6	4